《铜尾矿砂》

Copper tailings sand

T/CNIA XXXX-20XX

编制说明

《铜尾矿砂》标准编制组

2024年5月

**一、工作简况**

## 1立项目的

铜尾矿是铜矿采选过程中排放的尾矿，含有大量的硅、钙、铝、铁等成分的氧化物, 其中SiO2、Al2O3、Fe2O3、CaO含量较高，多数属钙铝硅酸盐型尾矿，主要矿物成分为石英、长石、方解石、云母、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿等。在我国铜尾矿具有数量大、粒度细、类型繁多、成分复杂的特点。我国铜尾矿主要分布在江西、内蒙古、云南、安徽、湖北等地，其中铜矿主产区的江西、内蒙古、云南三省所排放的铜尾矿总和约占全国排放量的68%左右。

据我国国土资源经济研究院统计，在1949至2007年间，我国铜尾矿的排放总量达到24亿吨。近年来我国每年铜尾矿排放量仍呈迅速增加趋势，2012年至2018年，年均铜尾矿排放量超3亿吨，至今我国铜尾矿堆存量已超30亿吨，仅次于铁尾矿。铜尾矿处理方式一般是排入尾矿库中存放，随着铜尾矿排放量的不断增加，我国尾矿库数量也在不断增加。由于铜尾矿二次冶炼效率低、成本高，资源化利用率低，铜尾矿没有得到及时、妥善的处理，给社会环境带来了一些严重问题：一是铜尾矿的堆存或者填埋占用大量土地；二是铜尾矿中的有毒有害物质（如锰、铬、钡等重金属离子及硫化物等其他有害化学物质）给环境带来严重污染；三是铜尾矿库有发生塌陷、滑坡等灾害的危险，给人民群众生命安全造成极大隐患。因此，铜尾矿的治理和二次开发利用是目前面临的一个重大课题。

目前我国尾矿资源回收利用技术相对落后，智研咨询发布的《[2021-2027年中国尾矿综合利用行业市场发展潜力及战略咨询研究报告](https://www.chyxx.com/research/202012/917518.html" \t "_blank)》数据显示，2020年我国尾矿综合利用量增长至4.05亿吨,尾矿产量为12.75亿吨,尾矿综合利用率为31.8%远低于国外先进国家的利用水平（60％以上）。而我国尾矿库的维护费用高达7.5亿元/年，同时尾矿库的基础建设投资以及管理需耗费4~8元/t。对铜尾矿进行资源利用不仅可以大量消纳铜尾矿，减少由于铜尾矿的堆积对周边环境的不利影响，而且还可以使其“变废为宝”，成为二次资源，因此全面推广铜尾矿的综合利用方式对我国铜尾矿资源利用具有重要意义。

水泥掺合料、砂浆和混凝土、蒸压加气混凝土制品和道路无机结合料是使用最为广泛的建筑、墙体、道路水稳等材料；随着建设规模的不断发展，用于制备水泥掺合料、砂浆和混凝土、墙体及道路水稳层的砂石等原材料短缺也日益严重，利用铜尾矿作为以上材料的原料符合国家产业政策，可以达到减排、利废的目的，既有利于环境保护，同时可创造一定的经济效益。

目前国内尚无涉及铜尾矿砂的相关国家标准及行业标准。各使用单位均参考国家标准《铁尾矿砂》、《建设用砂》、《硅酸盐建筑制品用砂》中的一些技术要求来控制铜尾矿砂的性能。由于铜尾矿砂颗粒级配等物理性质与天然砂和铁尾矿砂差异巨大，通常来说铜尾矿砂的细度模数小于1.0，属于特细砂，因此难以参考现行国家标准指导铜尾矿砂在以上产品中的应用及质量控制，限制了铜尾矿砂的应用，给推广应用带来了极大的困难。因此急需制定一个统一的标准以保证该产品在生产和应用过程中技术指标的可靠性，促进铜尾矿的综合利用，推动循环经济发展。

本标准创新利用铜尾矿替代砂石等原材料制备水泥混凝土和砂浆、蒸压加气混凝土及道路无机结合料，既综合利用尾矿，又弥补了产品原材料的不足。本标准的制定是对现有矿物材料和产品标准体系的完善和补充。

## 2任务来源

2023年 8月 28 日，全国有色金属标准化技术委员会下达了 2023 年第四批协会标准制修订计划（中色协科字{2023}95号），由江西铜业股份有限公司负责组织完成《铜尾矿砂》（标准计划编号 2023-026-T/CNIA)的制定任务，完成时间为 2024年，由全国有色金属标准化技术委员会归口管理。

## 3 项目编制组单位

## 3.1项目编制组单位

本标准的编制组单位为：江西铜业股份有限公司、大冶有色金属有限责任公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、中条山有色金属集团有限公司。上述单位均为铜尾矿砂综合利用单位，并表示积极参加编制组的活动和配合编制组进行各项工作。

## 3.2标准的主起草单位简介

**江西铜业股份有限公司：**江西铜业股份有限公司于1997年01月24日成立，经营范围包括有色金属、稀贵金属采、选、冶炼、加工及相关技术服务，有色金属矿、稀贵金属、非金属矿、有色金属及相关副产品的冶炼、压延加工与深加工及其延伸产品、精细化工产品等。2022年世界财富500强排名第176位。2022年9月，江铜集团正式发布江西省首个企业“碳达峰碳中和战略规划”，郑重承诺公司到2025年万元产值综合能耗和碳排放比2020年分别下降18%和20%，力争于2029年碳排放整体达到峰值，2060年之前加快零碳能源替代行动。

江铜集团成立江铜环境资源科技有限公司，是江铜践行习近平生态文明思想、落实中央生态文明建设的一项重要举措，肩负着推动公司环保事业高质量发展的使命。该公司将依托江铜在矿山、冶炼、加工、研发等方面的优势，围绕环境保护、资源开发及技术输出三大目标，推动江铜固废处置利用产业做强做优做大。

江西铜业股份有限公司现有五个铜矿山企业，每年产出铜精矿22万吨金属量、铜尾矿5300万吨，铜尾矿累计堆存13.6亿吨；江铜环境资源科技有限公司旗下江西万铜环保材料有限公司是**全国少有的在闭库尾矿库上建厂的企业、全国少有的百万吨级铜尾砂资源综合利用企业**。主要致力于城铜尾砂减量化、资源化和无害化，已建成250万吨级铜尾矿硅质原料生产线，现已具备7500吨/日以上的尾砂处置能力（2023年共处理尾砂262万吨），确保了城铜持续稳定生产，是全国少有的百万吨级铜尾砂资源综合利用企业，产出的硅质原料主要用于制备加气块、混凝土掺合料、仿古砖、水稳料等建材产品。2023年，公司获得了江西省科学技术进步奖二等奖、绿色矿山重大工程二等奖、九江市柴桑区2023年度领军企业等荣誉。

2019年获得《一种铜尾矿渣复合矿物掺合料及其制备方法》、《一种废弃铜尾矿渣高交效活化剂及其制备方法》等两项发明专利及2021年获得《一种掺铜尾矿UHPC井盖加工用成型装置》、《一种尾矿PC砖生产用堆叠装置》、《一种铜尾矿超细粉生产用研磨装置》、《一种管桩生产用混凝土布料装置》、《一种基于铜尾矿生产的建筑回填料加工用破碎装置》、《一种铜尾矿混凝土掺合料生产用进料装置》、《一种微晶玻璃生产用原料烘干装置》、《一种基于铜尾矿原料的加气混凝土生产设备》等八项实用新型专利授权，完成国家重点研发计划课题《铜尾矿大规模建材化利用关键技术与示范》结题。

当前，万铜公司正在引进战略合作和先进技术，打造万铜循环经济产业园，形成可复制的“万铜模式”，为铜尾砂资源综合利用及“无废（尾）矿山”建设贡献江铜方案。

**其他参编单位尾矿综合利用情况：**

**大冶有色金属有限责任公司：**现有四个铜矿山企业，每年铜尾矿430万吨，累计堆存1.08亿吨，铜尾矿主要用于井下矿山的喷锚支护、采空区充填以及露天开采的填埋，部分用于建材原料使用，其所占铜尾矿产出的比例极少，大部分铜尾矿仍然是利用尾矿库和尾矿干堆工艺堆积；

**铜陵有色金属集团控股有限公司：**现有四座铜矿山企业，每年铜尾矿约750万吨，累计堆存超亿吨；公司现已形成5500吨/日以上的尾矿处置能力，全年可消纳铜尾矿200万吨。生产的建材用硅质原料粗粒尾矿已在道路无机结合料中使用超2万方、中粒尾矿作为加气混凝土砌块、免烧砖、预拌混凝土等建筑材料原料，细粒尾矿作为胶凝材料、水泥和预拌混凝土活性掺合料原料。

**紫金矿业集团股份有限公司：**现有四座国内铜矿山企业，每年铜尾矿约7720万吨，累计堆存3.12亿吨。铜尾矿砂经尾砂分级后粗砂用于井下充填，充填尾矿占总尾矿量5%-6%，尾矿脱硫后制微粉，用于水泥行业；铜矿石选铜、选硫后进一步用于浮选回收明矾石。

**中条山有色金属集团有限公司：**现有三座矿山企业，每年产生铜尾矿约1000多万吨，累计堆存尾矿约为5亿吨。目前铜尾矿用于制备建筑用砂。产品有：特细砂、烘干砂、干混砂浆、烘干细粉等。特细砂主要用于建筑混凝土配料；烘干砂主要用于生产各类砂浆配料；干混砂浆已生产出砌筑、抹灰、粘结、抗裂等多种特种砂浆；烘干细粉在生产水泥（替代水泥混合材）、尾矿微粉、发泡水泥复合矿物掺合料等方面。

## 4主要工作过程

**4.1立项阶段**

2023年2月至4月，按照《关于征集2023年有色金属国家标准、行业标准、协会标准项目计划的通知》（有色标委[2023]24号）的要求，对铜尾砂的行业状况和国内外相关标准文件进行了广泛调研分析，先后查阅了大量文献和相关标准，广泛征集调研了江西、安徽、山西、湖北、福建等地矿山铜尾矿砂基本性质及其综合利用的资料，提交了标准立项报告，标准建议书。

2023年4月24-27日，在湖北省武汉市召开有色金属标准项目论证会暨标准制修订工作会议，对《铜尾矿砂》协会标准计划项目进行了论证。标准第一主编单位江西铜业股份有限公司介绍了标准立项背景及综合利用应用的情况。

2023年 8月 28 日，全国有色金属标准标准化技术委员会下达了 2023 年第四批协会标准制修订计划（中色协科字{2023}95号），由江西铜业股份有限公司负责组织完成《铜尾矿砂》（标准计划编号 2023-026-T/CNIA)的制定任务，完成时间为 2024年，由全国有色金属标准化技术委员会归口管理。

**4.2起草阶段**

2023年9月，江西铜业股份有限公司按照（中色协科字{2023}95号）文件要求，提交标准制修订项目落实任务书。

2023年11月，江西铜业股份有限公司编制完成《铜尾矿砂》团体标准调查表及标准讨论稿。

**4.3征求意见阶段**

2023年12月，全国有色金属标准化技术委员会下发了有色标秘【2023】135号关于对团体标准计划2023-026-T/CNIA《铜尾矿砂》征求意见和数据调研的函，并网上征求意见。

2023年12月20-23日，全国有色金属标准技术委员会在江西省鹰潭市召开了有色重金属标准工作会议，会议对铜尾矿砂标准进行了讨论。

2023年12月至2024年5月份，根据会上标委会专家及企业意见，结合收到中条山有色金属集团有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、紫金矿业集团股份有限公司等单位的调研数据及意见反馈。针对相关意见进行沟通，并对标准征求意见稿修改，形成标准和编制说明预审稿。

4.4本标准的主要参加单位及其所做工作如下表所示：

表1 主要参加单位及其所做工作

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 主要完成工作 | 主要完成单位 |
| 1 | 行业状况及产品应用的前期调研 | 江西铜业股份有限公司 |
| 2 | 国内外技术材料及相关标准的搜集和翻译 | 江西铜业股份有限公司 |
| 3 | 确定各项技术要求和检验规则 | 编制组全体单位 |
| 4 | 提供验证试验数据 | 江西铜业股份有限公司、大冶有色金属有限责任公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、中条山有色金属集团有限公司 |
| 5 | 科技查新及资料汇总整理 | 江西铜业股份有限公司、大冶有色金属有限责任公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、中条山有色金属集团有限公司 |
| 6 | 编写及完善编制说明等相关文件 | 编制组全体单位 |

1. **二、标准编制原则及确定标准的主要内容**

## 2.1 标准制定的原则

标准具体编制内容根据GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》和国家有关规定要求进行编写。编写的基本原则：

（1）统一性。注意与相关国家标准之中词条用语和技术要求的一致性。

（2）适用性。本标准中铜尾矿砂的技术要求标准文本中最重要内容，本标准编制过程中，广泛采集不同地区铜尾矿砂基本情况及综合利用相关数据，确定了铜尾矿砂的技术要求，技术要求的适用性强。

（3）计划性。本标准安排有铜尾矿砂分布情况调研、铜尾矿砂性能测试验工作等大量内容，编制组制定工作计划，并严格执行，编制组成员积极响应各项工作任务，保证了制标工作的顺利进行和完成。

本标准的制定是对现有产品标准体系的完善和补充。相关条款的制定符合先进可行、规范合理的原则，规程制定遵循突出产品特性，促进行业健康发展和产品推广的原则。标准中的试验方法尽量采用现行的国家标准和行业标准，以保证规程中技术指标测试的准确性、科学性与可行性，各项条款兼顾目前现状和发展需求。

## 2.2 标准的主要内容

**2.2.1 范围**

本标准规定了铜尾矿砂的术语和定义、分类、技术要求、试验方法、检验规则、贮存和运输。

本标准适用于铜矿石经选矿产生的尾矿，再经脱硫、脱水处理的铜尾矿砂，作为预拌砂浆和混凝土、蒸压加气混凝土制品、水泥掺合料、烧结砖、免蒸免烧砖、道路无机结合料等建筑行业使用的原料。

**2.2.2 引用文件**

本标准在制定过程中主要引用和参考了以下标准：

（1）GB 6566 建筑材料放射性核素限量

引用该标准作为铜尾矿砂放射性指标及其测试方法的确定依据。

（2）GB/T 14684 建设用砂

引用该标准作为铜尾矿砂取样方法、试样处理、试验环境、试验用筛以及颗粒级配、粉含量、表观密度、有害物质和碱活性等技术指标的检测方法依据。

（3）GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法

引用该标准作为铜尾矿砂可浸出重金属含量的检测方法依据。

（4）CJ/T 221 城市污水处理厂污泥检验方法

引用该标准作为铜尾矿砂重金属含量的检测方法依据。

**2.2.3 术语和定义**

术语和定义包括：铜尾矿砂、颗粒级配、粉含量、亚甲蓝值（MB值）。

铜尾矿砂：铜矿石经破碎、磨细、选矿后产生的粒径小于4.75mm的颗粒。

根据现行国家标准和行业标准，砂颗粒均小于4.75mm。原铜尾矿砂讨论稿定义小于0.6mm修改为小于4.75mm。

本标准定义铜尾矿砂的术语为铜尾矿经破碎、磨细、选矿后产生的粒径小于4.75 mm的颗粒。

颗粒级配：

铜尾矿砂各级粒径颗粒的分配情况，可通过筛析试验确定。

粉含量：铜尾矿砂中粒径小于75μm的颗粒含量。

现行国家标准和行业标准将机制砂中粒径小于75μm的颗粒含量定义为石粉含量，为与之区分，本标准将铜尾矿砂中粒径小于75μm的颗粒含量定义为粉含量。

亚甲蓝值：用于判定铜尾矿砂吸附性能的指标。

**2.2.4分类**

铜尾矿砂按颗粒级配、粉含量及亚甲蓝值、有害物质技术要求分为I类、II类、III三类。

由于不同矿区铜尾矿砂性能差异极大，因此本标准将铜尾矿砂按其技术要求分为三类，以便于使用单位对不同规格的铜尾矿砂进行更高效的利用。

**2.2.5 技术要求及其检测方法**

标准制定过程中通过召开工作会议、实地调研、验证试验结果分析等多种形式，最终确定了本标准的各项技术指标要求。

**2.2.5.1颗粒级配**

铜尾矿砂的累计筛余应符合表1的规定。

表1 累计筛余

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 区间粒级/mm | 累计筛余/% | | | |
| 方孔筛孔径/mm | | | |
| 0.075 | 0.15 | 0.3 | 0.6 |
| 0~0.15 | 10~90 | 0~5 | 0 | 0 |
| 0~0.3 | 20~90 | 0~30 | 0~5 | 0 |
| 0~0.6 | 50~90 | 10~50 | 0~15 | 0~5 |

由于不同矿区铜尾矿砂粒度组成、颗粒大小差异极大，根据颗粒大小程度，本标准将其分为I类、II类、III三类。不同规格的铜尾矿砂应满足表1的要求。

**2.2.5.2 粉含量**

铜尾矿砂中粉含量应不超过50%，各类砂的MB值应符合表2的规定。

表2亚甲蓝MB值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | MB值（g/kg） | | |
| I类 | II类 | III类 |
| 粉含量/% | ≤50% | MB值≤0.5 | 0.5＜MB值≤1.0 | 1.0＜MB值≤1.4 |

由于大部分铜尾矿砂的颗粒都比较细小，铜尾矿砂中的粉含量对混凝土和砂浆的性能有显著影响，当粉含量较高时，所配制的混凝土和砂浆需水量大，同时浆体含量有所提高，对混凝土和砂浆的体积稳定性有不利影响。且粉含量对砂浆混凝土混凝土性能的影响与粉的矿物组成也有关系，若粉中含有一定量的粘土类矿物，则其对外加剂产生强吸附，从而影响外加剂作用效率，同时这类矿物会严重影响混凝土的抗冻、抗渗等耐久性。

因此，本标准在限定粉含量不超过50%。的同时采用MB值评价铜尾矿砂中小于75 μm颗粒吸附性能，限定铜尾矿砂的MB值不得超过1.4，同时根据MB值的大小来划分铜尾矿砂的类别，当MB值≤0.5时划分为I类，0.5＜MB值≤1.0时划分为II类，1.0＜MB值≤1.4时划分为III类。

**2.2.5.3表观密度**

本标准规定铜尾矿砂的表观密度应不小于2550 kg/m3。

砂的表观密度对其抵抗破坏的能力有直接影响，参考现行国家标准GB/T 14684对建设用砂的密度要求，由于铜尾矿砂的表观密度较常用的石灰石机制砂更大，因此本标准规定了铜尾矿砂的表观密度应不小于2550 kg/m3。

**2.2.5.4 有害物质含量**

铜尾矿砂中不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块、矿渣等杂物。铜尾矿砂中如含有轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯盐等，其限量应符合表6的规定。

表3 有害物质限量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 性能指标 | | | |
| I类 | II类 | | III类 |
| 轻物质/% | ≤1.0 | | | |
| 有机物 | 合格 | | | |
| 硫化物及硫酸盐（以SO3质量计）/% | ≤0.5a | | ≤3.5b | |
| 氯化物（以氯离子质量计）/% | ≤0.01 | ≤0.02 | | ≤0.06 |
| a 铜尾矿I类、II类砂中硫化物及硫酸盐含量（以SO3质量计）超出正常范围时，经过膨胀性试验验证合格后可放宽至不大于2.0%。  b铜尾矿III类砂执行《GB/T1596-2017用于水泥和混凝土中的粉煤灰》，其规定硫化物及硫酸盐（按SO3质量计）≤3.5%。 | | | | |

草根、树叶、树枝、塑料、煤块、矿渣等杂物对混凝土和砂浆等建筑材料有十分不利的影响，因此本标准规定铜尾矿砂中不得混有这些杂物。

轻物质会影响砂浆和混凝土的力学性能和耐久性能，有机物的存在对工作性能、力学性能和耐久性能均有不利影响。硫化物和硫酸盐超出一定范围，会使得砂浆和混凝土耐久性严重受损，而氯化物主要容易引起混凝土中的钢筋锈蚀。表6中轻物质含量、有机物、氯化物等指标的技术要求和试验方法都参考现行国家标准GB/T 14684和行业标准 JGJ 52进行确定，其测试方法也与现行国家标准GB/T 14684保持一致。

在尾矿调研过程中，多家尾矿排放单位反馈铜尾矿砂中S含量较高，如安徽铜陵等地区铜尾矿砂中S含量甚至高达8%左右。经确认，其采用的测试方法是按照《铜精矿化学分析 第3部分：硫量的测定 重量法和燃烧-滴定法》GB/T 3884.3-2012进行的。标准编制单位对多个样品分别按照GB/T 3884.3-2012和GB/T 14684-2011进行S含量测试，发现两种方法结果差异极大，但按照GB/T 14684-2011进行测试仍有不少尾矿样品硫化物及硫酸盐（以SO3质量计）含量超过0.5%，为保证本标准的适用性，在保证铜尾矿砂质量的前提下提高适用范围，本标准规定硫化物及硫酸盐（以SO3质量计）含量按照现行国家标准GB/T 14684-2011进行测试，当铜尾矿粗、中砂中硫化物及硫酸盐含量（以SO3质量计）超出正常范围时，**经过膨胀性试验验证合格后可放宽至不大于2.0%。**铜尾矿细砂执行《GB/T1596-2017用于水泥和混凝土中的粉煤灰》，其规定硫化物及硫酸盐（按SO3质量计）≤3.5%。

**2.2.5.4坚固性**

采用硫酸钠溶液法进行试验时，铜尾矿砂的质量损失应符合表4的规定。

表4坚固性指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | I类 | II类 | III类 |
| 质量损失率/% | ≤8 | | ≤10 |

**2.2.5.5 放射性核素限量**

铜尾矿砂的放射性核素限量应符合GB 6566的规定，其试验方法也按照GB 6566的规定进行测试。放射性是影响人体健康的重要参数，因此应对其进行检验。

**2.2.5.6重金属**

铜尾矿砂中重金属含量和可浸出重金属含量限值应符合表5的规定。

表5 砂中重金属含量和可浸出重金属含量限值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 重金属 | 限值 | |
| 重金属含量（mg/kg） | 可浸出重金属含量（mg/L） |
| 砷(As) | 40 | 0.1 |
| 铅(Pb) | 70 | 0.3 |
| 镉(Cd) | 1 | 0.03 |
| 铬(Cr) | 60 | 0.2 |
| 铜(Cu) | 400 | 1.0 |
| 镍(Ni) | 200 | 0.2 |
| 锌(Zn) | 500 | 1.0 |
| 锰（Mn） | 600 | 1.0 |

由于金属铜可能与部分重金属富集，为保证铜尾矿砂使用的安全性，避免对人体健康和环境造成不利影响，因对其重金属含量和可浸出重金属含量做出限制。本标准执行行业标准 《混凝土用河道清淤砂》JC/T 2502-2018，其中砷和锰未作要求，和可浸出重金属含量一样参考现行国标《水泥窑协同处置固体废物技术规范》GB/T 30760-2014的要求。

**2.2.5.7 碱集料反应**

当需方提出要求时，应出示膨胀率实测值及活性评定结果。

混凝土碱集料反应是混凝土中水泥、外加剂、掺合料和拌合水中的可溶性碱（钾、钠）溶于混凝土孔隙液中，与具有潜在活性的集料在混凝土硬化后逐渐发生的一种化学反应，反应生成物吸水膨胀，使混凝土产生内应力，导致混凝土开裂和强度降低，严重时会导致混凝土完全破坏。现行行业标准规定对于长期处于潮湿环境的重要结构混凝土用砂，应进行碱活性检验。本标准规定了铜尾矿砂的碱集料反应应符合要求，避免碱集料反应的发生。碱活性的试验方法参考现行国家标准GB/T 14684进行。

**2.2.5.8 含水率**

当用户要求时，应报告其实测值，试验方法参考现行国家标准GB/T 14684进行。

含水率会影响铜尾矿砂配制砂浆和混凝土时应采用的实际用水量，因此若用户有要求时，供应方应按照现行国家标准GB/T 14684测定其含水率。

**2.2.5.9 取样方法**

本标准规定铜尾矿砂取样参考现行国家标准GB/T 14684进行取样。将抽取的样品充分混匀，分为三等份，保存在密封容器中，一份用于试验，另两份密封保存备用。

取样方法是否规范直接影响所取得得铜尾矿砂样品是否均匀、一致并具有代表性，从而决定了所获得实验数据的可靠性。因此，参考现行国家标准GB/T 14684规范了铜尾矿砂的取样方法。

**2.2.5.10 取样数量**

单项试验的最少取样数量应符合表6的规定。若进行几项试验时，如能保证试样经一项试验后不致影响另一项试验的结果，可用同一试样进行几项不同的试验。

**表6 单项试验取样数量**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | | 最少取样质量/kg |
| 1 | 颗粒级配 | | 4.4 |
| 2 | 流动度比 | | 4.0 |
| 3 | 粉含量及亚甲蓝值 | | 6.0 |
| 4 | 有害物质 | 轻物质含量 | 3.2 |
| 有机物含量 | 2.0 |
| 硫化物与硫酸盐含量 | 0.6 |
| 氯化物含量 | 4.4 |
| 5 | 表观密度 | | 2.6 |
| 6 | 坚固性 | | 20.0 |
| 7 | 放射性 | | 6.0 |
| 8 | 重金属含量及可浸出重金属含量 | | 2.0 |
| 9 | 碱集料反应 | | 20.0 |
| 10 | 含水率 | | 4.4 |

不同试验取样数量主要根据各检验项目的试验需要来进行确定，确保测试结果具有代表性。

2.2.5.11 试验环境和试验用筛

本标准规定铜尾矿砂相关性能试验的试验环境和所需用的试验筛均应符合现行国家标准GB/T 14684的规定，这主要是由于铜尾矿砂与天然砂、机制砂所需的环境和设备并无特殊之处。

以上主要试验方法与现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684-2011一致，保证标准中技术指标测试的准确性、科学性与可行性。

**2.2.6**  **检验规则**

2.2.6.1组批规则

产品应成批提交验收,每批应为同一批规格原料、相同工艺生产。按同规格产品每1000t为一个检验批次，不足1000t的按一个批次记。

2.2.6.2出厂检验

产品应按本文件规定进行铜尾矿砂生产过程取样进行检验，出厂检验项目为颗粒级配、SiO2质量分数、亚甲蓝值、硫化物及硫酸盐含量。

2.2.6.3检验结果判定

2.2.6.3.1检验结果的数值修约和判定按GB/T 8170规定。

2.2.6.3.2 检验结果如与本标准规定不符时，应重新取双倍样品量进行检验。复检结果仍有一项不符时，则判定该批为不合格品。

2.2.6.3.3需方可对收到的产品进行质量检验，如检验结果与本文件规定不符时，可在收到产品之日起10个工作日内向供方提出，由供需双方协商解决。若需仲裁，则仲裁取样方法和仲裁机构由双方共同确认。

**2.2.7检查与验收**

2.2.7.1随行文件

产品出厂时，生产厂应提供产品检验合格证，其内容包括：

1. 产品的规格和生产厂信息；
2. 批量编号及供货数量；
3. 出厂检验结果、日期及执行标准编号；
4. 合格证编号及发放日期；
5. 检验部门及检验人员签章。

2.2.7.2运输和贮存

铜尾矿砂应按规格类别单独堆放和运输，防止人为碾压、混合及污染产品。运输时，应有防洒落和粉尘飞扬措施，严禁污染环境。

# 三、主要试验验证情况分析与指标确定

为保证规程项目要求的合理性，编制工作组对铜尾矿进行了广泛的样品收集，并进行了大量的验证试验。试验数据如下文所示。

## 3.1 铜尾矿砂颗粒级配和粉含量

标准编制组通过广泛收集样品及数据，得到的结果如表7所示。

**表7铜尾矿砂累计筛余结果**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 累计筛余（%） | | | | |
| 0.6mm | 0.3mm | 0.15mm | 0.075mm | 细度模数 |
| 1 | 0 | 2 | 5 | 35 | 0.07 |
| 2 | 0 | 3 | 17 | 63 | 0.20 |
| 3 | 0 | 1 | 10 | 38 | 0.11 |
| 4 | 0 | 16 | 50 | 88 | 0.66 |
| 5 | 0 | 9 | 48 | 75 | 0.57 |
| 6 | 0 | 18 | 52 | 85 | 0.70 |
| 7 | 0 | 3 | 22 | 57 | 0.25 |
| 8 | 0 | 7 | 23 | 62 | 0.30 |

标准编制组选取几种代表性样品委托4家参编单位对MB值进行了平行测试，结果如表8所示。

表8 代表性铜尾矿砂MB值测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 单位1 | | | 单位2 | | | 单位3 | |
| 方法1 | 方法2 | 方法3 | 方法1 | 方法2 | 方法3 | 溶液1 | 溶液2 |
| 1 | 1.3 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 1.5 |
| 2 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 1.0 |
| 3 | 1.0 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 0.5 |
| 4 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.5 |
| 5 | 1.2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 0.9 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 1.1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 1.0 | - | - | - | - | - | - | - |

注：1. 单位1和单位2均采用溶液1进行试验；单位3按照JGJ/T 318方法进行。

2. 方法1按照国家标准GB/T 14684进行，方法2按照JG/T 568进行，方法3按照JGJ/T 318进行。

由表7试验结果可以看出，铜尾矿砂颗粒级配和细度模数差异极大，其粉含量也从12%~65%不等。由于其颗粒细小，采用现行国标或行标中砂的分区对其颗粒级配进行限值不具有实用价值，因此本标准根据铜尾矿砂颗粒大小将其分为0~0.15、0~0.3和0~0.6mm三种规格，对其颗粒级配做出要求。

由表8可以看出，采用溶液1进行试验时，几种铜尾矿砂的MB值均小于现行国标和行标中要求的1.4。结合表7和表8的结果，本标准规定铜尾矿砂的粉含量放宽至50%，而通过MB值划分其类别，严格限制铜尾矿砂的MB值不得超过1.4。

由测试结果可以看出，8个代表性样品中，符合本标准粉含量要求的样品为6个，不满足标准要求的样品2个。6个符合本标准要求的样品中，MB值符合I类要求的样品有1个，符合II类要求的样品有3个，符合III类要求的样品有2个。

由测试结果可以看出，8个代表性样品中，符合本标准粉含量要求的样品为6个，不满足标准要求的样品2个。6个符合本标准要求的样品中，MB值符合I类要求的样品有1个，符合II类要求的样品有3个，符合III类要求的样品有2个。

## 3.2 铜尾矿砂表观密度

代表性尾矿表观密度测试结果如表9所示，所有样品密度均不小于2550 kg/m3，因此合格率100%。

表 9 铜尾矿砂表观密度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 结果（kg/m3） | 2630 | 2650 | 2665 | 2635 | 2650 | 2640 | 2660 | 2650 |

## 3.3 铜尾矿砂有害物质含量

代表性尾矿有害物质含量测试结果如表10所示，其轻物质、有机物、氯化物的含量均满足性能指标要求。

表10 铜尾矿砂有害物质含量测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 轻物质（%） | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 有机物 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 |
| 氯化物（%） | 0.003 | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.003 | 0.002 |

分别采用《建设用砂》GB/T 14684-2011和《铜精矿化学分析 第3部分：硫量的测定 重量法和燃烧-滴定法》GB/T 3884.3-2012对铜尾矿中的硫含量进行测定，需要注意的是GB/T 3884.3-2012测试结果以S计，而GB/T 14684-2011的测试结果以SO3计，测试结果如表11所示。

表11 代表性铜尾矿砂硫含量测试结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 样品 | GB/T 3884.3-2012  （S%） | GB/T 14684-2011  （SO3%） |
| 1 | 3.96 | 1.12 |
| 2 | 5.43 | 0.58 |
| 3 | 0.06 | 0.06 |
| 4 | 0.07 | 0.05 |
| 5 | 2.36 | 0.87 |
| 6 | 1.76 | 0.42 |
| 7 | 8.53 | 2.37 |
| 8 | 1.12 | 2.44 |

由以上结果可以看出，两种方法测试结果差异极大，本标准确定参考GB/T 14684-2011方法进行硫化物及硫酸盐含量，其含量限值确定0.5%，8个样品中符合要求的样品数量仅为3个。但编制组在成型混凝土进行长期性能试验后，发现经过120次干湿循环试验后，掺有铜尾矿砂的混凝土性能与普通机制砂混凝土性能相当。因此，本标准规定，铜尾矿砂中硫化物及硫酸盐含量（以SO3质量计）超出正常范围时，经过膨胀性试验验证合格后可放宽至不大于2.0%，符合此要求的样品占比为75%。

## 3.4 坚固性

编制组按照按JGJ 52中特细砂的规定对代表性尾矿进行了坚固性测试，结果如表12所示，所有样品的坚固性均满足性能指标要求。

表12 铜尾矿砂坚固性测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 质量损失（%） | 7.52 | 6.55 | 7.14 | 6.27 | 5.89 | 6.07 | 6.19 | 7.02 |

## 3.5 放射性核素限量

代表性尾矿放射性核素限量测试结果如表13所示，其放射性核素限量试验结果均合格。

表13 铜尾矿砂放射性核素限量测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| IRa（%） | 0.173 | 0.572 | 0.771 | 0.716 | 0.149 | 0.202 | 0.147 | 0.228 |
| Ir（%） | 0.359 | 0.241 | 0.384 | 0.387 | 0.294 | 0.679 | 0.494 | 0.392 |

## 3.6 重金属含量及可浸出重金属含量

编制组对7种代表性尾矿的重金属含量进行了测试，浸出液的配制方法参考现行国家标准《水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法》GB/T 30810-2014 进行，同时，为了测试尾矿在不同浸出液中的重金属浸出浓度，还分别采用去离子水和饱和亲氧化钙作为浸出液进行浸出，浸出液中重金属浓度测试结果如表14所示。

表14 铜尾矿砂浸出液重金属浓度测试结果

|  |  |
| --- | --- |
| 样品编号 | |
| Pb | Zn | As | Cr | Cd | Ni | Cu |
| 1 | 纯水 | <0.1 | <0.1 | 2.6779 | <0.1 | 0.2375 | 0.9551 | 1.4197 |
| Ca(OH)2 | 2.1991 | 1.8932 | 0.4397 | 0.6422 | 0.2868 | 1.4286 | 35.7859 |
| 硫酸-硝酸 | <0.1 | 0.7155 | 1.0658 | <0.1 | 0.5337 | <0.1 | 1.6188 |
| 2 | 纯水 | 0.1894 | 3873.6909 | 1.6920 | <0.1 | 9.5343 | 123.9269 | 36.3313 |
| Ca(OH)2 | 27.0235 | 60.9020 | 16.4407 | 1.9936 | <0.1 | 1.1718 | 11.6308 |
| 硫酸-硝酸 | 0.2045 | 6259.49 | 1.4922 | <0.1 | 10.9499 | 139.6976 | 209.4521 |
| 3 | 纯水 | 0.8621 | 101.2855 | 3.2641 | 0.2952 | 0.2281 | 3.3267 | 3.6496 |
| Ca(OH)2 | 15.5796 | 1.5309 | 0.5329 | 0.8837 | <0.1 | 1.0955 | 250.6786 |
| 硫酸-硝酸 | <0.1 | 52.8839 | 0.8260 | <0.1 | 0.1223 | 1.5931 | 5.9919 |
| 4 | 纯水 | 0.0972 | 10.4912 | 0.1332 | <0.1 | <0.1 | 2.3235 | 1.7252 |
| Ca(OH)2 | 39.9173 | 0.5651 | 0.5862 | 1.1559 | <0.1 | 1.1477 | 6.3244 |
| 硫酸-硝酸 | <0.1 | 21.5637 | <0.1 | <0.1 | 0.1364 | 2.1429 | 3.4624 |
| 5 | 纯水 | 0.1192 | 12.0564 | 0.2531 | 0.1457 | <0.1 | 1.7135 | 2.0531 |
| Ca(OH)2 | 3.7558 | 0.6950 | 0.1666 | 1.0620 | <0.1 | 1.1958 | 10.2020 |
| 硫酸-硝酸 | <0.1 | 3.4925 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0.7424 | 4.1408 |
| 6 | 纯水 | <0.1 | 4.6202 | 0.5329 | 0.1380 | <0.1 | 0.8066 | 1.1980 |
| Ca(OH)2 | 1.5162 | 0.2896 | 0.2798 | 1.2307 | <0.1 | 0.9832 | 7.2589 |
| 硫酸-硝酸 | <0.1 | 0.2734 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 3.2826 | 2.5863 |
| 7 | 纯水 | 0.1049 | 14.6673 | 0.4530 | 0.1208 | <0.1 | 1.4246 | 2.0277 |
| Ca(OH)2 | 2.1397 | 0.7791 | 0.2665 | 0.5885 | <0.1 | 1.3323 | 22.6736 |
| 硫酸-硝酸 | <0.1 | 0.3942 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0.5177 | 1.2609 |

此外，编制组还对7种代表性尾矿参考现行行业标准《城市污水处理厂污泥检验方法》CJ/T 221-2005对尾矿进行消解，然后测试了重金属含量，测试结果如表15所示。

表15 铜尾矿砂重金属含量测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 所测元素含量（mg/kg） | | | | | | | |
| Pb | Zn | As | Cr | Cd | Ni | Cu | Mn |
| **1** | 27.65 | 13.12 | 5.10 | 9.18 | 0.03 | 1.68 | 62.53 | 200.85 |
| 2 | 53.44 | 7.26 | 3.41 | 10.31 | 0.02 | 23.22 | 241.12 | 185.36 |
| 3 | 14.38 | 174.24 | 5.14 | 8.65 | 0.03 | 36.51 | 73.54 | 221.74 |
| **4** | 35.28 | 15.78 | 4.77 | 8.63 | 0.04 | 1.65 | 59.18 | 198.69 |
| 5 | 23.14 | 59.45 | 10.55 | 18.46 | 0.08 | 8.97 | 102.11 | 256.23 |
| 6 | 37.12 | 83.54 | 27.50 | 7.32 | 0.03 | 9.24 | 66.31 | 274.12 |
| 7 | 45.26 | 24.88 | 5.11 | 9.10 | 0.10 | 16.84 | 84.61 | 203.85 |

由表14和表15可以看出，所有重金属含量和浸出液中重金属离子浓度均满足标准要求。

## 3.6 碱集料反应

代表性尾矿碱集料反应测试结果如表16所示，其碱集料反应试验结果均合格。

表16 铜尾矿砂碱集料反应测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 结果 | 无裂缝 | 无裂缝 | 无裂缝 | 无裂缝 | 无裂缝 | 无裂缝 | 无裂缝 | 无裂缝 |

# 四、 标准中涉及专利情况说明

经检索，本标准所列技术内容没有涉及专利和知识产权的情况。

# 产业化情况

（一）经济效益、社会效益、产业规模、推广应用、工程应用情况、预期达到的经济、社会效益；

铜尾矿掺合料技术指标测试及铜尾矿掺合料替代粉煤灰进行C30-C50混凝土试验，已在九江广德、昊晟、华基等、南昌中建商砼、兰叶、中路等20余家搅拌站进行实验，铜尾矿掺合料在混凝土中的应用效果与Ⅱ级粉煤灰完全一致甚至性能超过部分搅拌站生产用粉煤灰，混凝土工作性、力学性能、耐久性均满足相关标准要求，解决现有搅拌站用粉煤灰质量参差不齐，掺假、劣质粉煤灰引起混凝土质量事故的顽疾。

同时，铜尾矿砂作为混凝土细骨料，通过外加剂调整，完全替代原有地材河砂、湖砂等中的细砂部分，尾矿砂用量控制在100-200kg/m3，混凝土工作性和强度优于基准混凝土，避免风花砂、海砂等劣质砂，以及细骨料来源不明、质量波动大、供应不稳定等造成的混凝土生产和质量问题。通过与混凝土相关企业进行产品应用技术沟通，均表示强烈要求长期采购铜尾矿砂和铜尾矿掺合料来生产预拌混凝土。

前期研究表明，铜尾矿砂在混凝土中可取代不超过30%，在砂浆中可取代的不超过50%的天然砂或机制砂。以铜尾矿堆存地区每年混凝土用量为3亿立方米、每立方米混凝土细骨料用量为700kg、铜尾矿砂用量为20%，砂浆用量1亿立方米、每立方米砂浆中细骨料用量为1400kg、铜尾矿砂用量为35%计算，在铜尾矿堆存地区每年可消耗近1亿吨铜尾矿，可大大减小铜尾矿堆存带来的环境负荷和对周围居民产生的安全隐患。此外，以每吨铜尾矿单价80元计算，每年可新增产值约80亿元。

除此以外，江铜集团江西万铜环保材料有限公司，现已形成 7500 吨/日以上的尾矿处置能力，全年可消纳铜尾矿 250 万吨/年。铜尾矿砂经过旋流器分级，脱水工艺，生产的建材用硅质原料（粗、中砂、细砂）已在市场销售，辐射江西南昌、九江，江苏、湖北、安徽、四川等地区；粗/中粒铜尾矿可作为加气混凝土砌块、预拌混凝土和砂浆等建筑材料原料，细粒尾矿可作为烧结砖、免烧砖、水泥、水稳等建筑材料原料。实现了江铜从“尾砂”向“硅质原料”的转变，产出的硅质原料全部走向市场，用于制备蒸压加气混凝土制品 、混凝土掺和料、仿古砖、水稳料等建材产品。2023年处理消纳铜尾矿262万吨较2022年同比增长24%，实现营业收入8442万元，利税1000余万元；实现产销平衡，并保证了江铜集团城门山铜矿可持续生产。

目前，公司正在推进绿色建材项目、新型建材项目、硅基新材料项目落地。（1）国内首家全细尾矿转化建材企业，总投资8600万，计划建设1条砖线和5条空心墙板线，年可消纳细尾砂50万吨以上，一期已投产。

1. 项目计划投资1500余万元，以细尾砂为主材（70%-80%）制备水稳层、仿古砖等绿色建材产品。该项目具有成熟的工艺技术、稳定的周边市场和低成本优势，预计每年可消纳细尾砂15万吨左右，产值约3000余万元。
2. 利用铜尾矿砂生产硅微粉、长石、磁性材料等产品。现已投资2300万，进行中试生产。达产后，每年可消纳尾砂（细尾砂占50%）20万吨以上，产值4000多万元。

# 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

**6.1 采用国际标准及国外先进标准的程度**

无。

**6.2 与现有标准及修订中的标准协调配套情况**

本文件与现有标准及修订中的标准无交叉重复。

**6.3标准水平**

本文件是依据目前我国铜尾矿砂实际生产和使用情况制定的，本文件产品技术基本与国外先进水平保持一致，因此本标准达到国内外先进水平。

# 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调

本文件中内容均依照国内现行各类相关法律、法规、规章、标准予以要求。与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

目前国内并没有关于铜尾矿砂的产品标准及技术标准，本标准的制定是对现有尾矿材料和产品标准体系的完善和补充。本标准的取样方法、取样数量、试验方法和判定方法与现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684-2022保持一致。

# 八、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准的编制过程中，广泛征求了行业相关单位和业内专家的意见和建议，主要针对标准中各项技术指标的要求范围做了深入研讨，各家单位和行业专家结合自身的工作经验和实验验证提出了作为数据支撑的有力依据，最终对标准要求达成一致。编制过程中对规程的主要内容并未产生重大意见分歧。

# 九、标准性质的建议说明

建议《铜尾矿砂》作为推荐性标准发布实施。

# 十、贯彻标准的措施建议

建议在本标准正式出台后，各单位能够依据本标准中的相关规定对铜尾矿砂进行质量控制。具体实施措施建议如下：

（1）加大本标准宣传力度，提高认知度，建立信息公共平台，将有参考价值的案例、好的做法和经验等在行业内部公开发布，引起有关部门领导和相关企业单位的重视，使相关单位能够积极主动的购买本规程和资料、参加培训、结合本单位实际情况学习研究本标准并准备贯彻实施本规程。

（2）本标准归口单位进行贯标指导，组织规程宣贯培训班，由本标准制定人员主讲。设立专门的答疑或咨询部门或网站，为贯标企业排忧解难，组织有关人员积极参加行业协会组织的各项活动，培训班等。及时了解本标准制、修订信息。

（3）鼓励行业相关企业成立标准贯彻实施小组，进行明确的分工合作，适时组织本标准宣贯会，使有关人员拥有标准、了解标准、熟悉标准，执行标准。

（4）标准化技术人员全面负责贯标实施工作，跟踪服务对贯标中出现的技术问题进行协调处理作好贯标记录，并进行长期监督检查工作。

# 十一、 废止现行有关标准的建议

无。

# 十二、其他应说明的事项

无